

連載

望遠鏡 400 年【4】

学校望遠鏡から大口径望遠鏡へ

宮下 敦（成蹊高等学校）

1. はじめに

学校は、私たちが最初に天体望遠鏡に出会う場所のひとつです。見た星がきれいということだけでなく、天体望遠鏡は学校の理科室にある教具の中で、子どもたちが出会う本格的な科学観測機器のひとつという意味があるでしょう。

日本国内では、以前ほど高価の花ではなく、個人である程度の性能のものを購入できますし、また、興味のある人は、社会教育施設に出向けば天体望遠鏡にふれることができます。しかし、普段は天文学には興味がない子どもたちがふれることができる機会として、学校での望遠鏡利用の価値は下がっていないと考えられます。

今回は、学校天文台の歴史を概観した上で、その今後について考えてみたいと思います。

2. 学校望遠鏡の歴史

写真 1 は、昭和 15 年に撮影された旧制成蹊高等学校のツァイス製 3 吋（インチ）屈折経緯台で、架台等の破損はありますが現存し



写真 1 ツァイス製 3 吋屈折経緯台
1940 年頃、徳永重元氏撮影

ています。望遠鏡と一緒に写っている人物は加藤藤吉氏(旧制成蹊高等学校教諭)で、人工衛星観測や気象観測においても本物の機材を用いて理科教育を行なっていて、大正時代から今日でいう正統的周縁参加を実践していたこととなります。第二次世界大戦前の学校望遠鏡（ここでは大学を含む）で、1936 年に的場保昭氏によってリストアップされているものは、写真のものを含めて 42 台で、うち 38 台が屈折式、8 台が反射式です。反射式は全て国産ですが、屈折式は外国製のものが半数近くあります。一方、国内のメーカーとして日本光学工業(現ニコン)、五藤光学、西村製作所、および足立光学などが見えます[1]。

第二次世界大戦後、教育制度改革により新制高校理科の中に「地学」が設置され、中学理科の単元別学習では「空の星と私たち」が出版され、この中で天文分野が扱われました。また、経済復興を目指して、科学技術の基礎を築く目的で、1953 年に理科教育振興法(以下、理振法)が制定され、翌 1954 年からは理振法に基づく理科教育等設備整備費によって、天体望遠鏡は各校毎 1 台整備できることとなりました。当時の国内メーカーは、戦前からのものに加えて、日本ミネルヴァ光学、日本精光研究所、東亜天文学会機械部、科学教材社、関西光学工業、富国光学研究所、天体光機研究所、清原光学研究所、および島津製作所などの各社でした[2]。この頃の雑誌掲載価格を見ると、例えば五藤光学口径 3 吋単軸赤道儀の文部省斡旋価格が 82000 円とあります。国家公務員の大卒初任給が 5000 円程度の時代ですから、単純に計算すると現在では 300 万円近い値段に相当します。それより下

位の機種でも、これの数分の 1 の価格ですから、子どもが使う道具として安い買い物ではありません。それでも、㈱ニコン広報部の調べでは、1950 年発売の同社の 2 インチ小型天体望遠鏡と 2.5 インチ小型天体望遠鏡は、中学高校などの天文教育用、一般アマチュア用に作製され、生産台数は合計で約 1800 台ありました。

1957 年のスプートニクに始まり、1969 年のアポロ 11 号月面着陸に至る米ソの宇宙開発競争の時代には、日本の高度成長期とも一致し、学校天文台もドームと据付型を持つものが増加したと考えられます[3]。写真 2 は、桐朋高校で使用されているものですが、国内には同型機がまだ多く使われているようです。



写真 2 桐朋中学・高校の五藤光学
据付型 15cm 屈折赤道儀

また、五藤光学研究所[4]によれば、1970 年前後に天体望遠鏡も、顕微鏡などと同様に生徒の人数に見合った台数配置されるよう要望する運動があり、これが功を奏して、それまで 1 校 1 台だった制限が撤廃されました。1 クラス 40 名を想定すると、1 台の天体望遠鏡では授業になりませんから、これは当然の要望と言えるでしょう。これに対応して、五藤光学㈱をはじめとする各メーカーが、廉価な小口径経緯台を開発しました。写真 3 は、慶應高校で使用されている五藤光学㈱の ST-9 です。こうした努力の結果、1986 年に全国の高校で行なわれたアンケート調査では、

回答総数 907 校に対し、望遠鏡を持っている学校は 237 校あり、約 26%の学校が天体望遠鏡を保有していることが分かっています[3]。



写真 3 五藤光学 ST-6 望遠鏡
(慶應義塾高校所蔵)

1995 年頃、天文教育普及研究会では、観望会用望遠鏡開発のためのワーキング・グループの活動がありました[5]。当時、アメリカのミード社の製品などが普及し始めたにもかかわらず、理振法対象で教材カタログに載っている天体望遠鏡は 1970 年代から変わらないままでした。そこで、ワーキング・グループとしては、教育現場で使いやすい天体望遠鏡の仕様を検討してアピールをしようと考えました。実際にはメーカー各社へのアンケートや、いくつか具体的提案をしましたが、世の中の流れの方が速く、例えば、GPS つきで設置すればすぐ使える架台など、ワーキング・グループで提案した仕様は、現在ではほとんどが実現してしまっています。理振法関連でも、2002 年からコンピュータ・コントロールつきの天体望遠鏡が認められるようになり、教材カタログも自動導入機が多く掲載されています。機材の方は、使いやすいものが教育現場にも普及しつつあるのが現状です。

3. アンケートにみる学校天文台の効果

前項で見てきたように、天体望遠鏡は多くの学校に普及していますが、その教育効果はどうだったのでしょうか？ 卒業後も天文学

に関連する仕事をしてられる天文教育普及研究会会員の方たちに、学校天文台がどのような影響を与えたかを知れば、その効果が分かるのではないかと考えて、学校で使われてきた望遠鏡の調査と合わせ、アンケートをお願いしました。アンケートは、2008年4月10日～4月30日の間に商用webアンケートサイトを利用して実施し、回答総数は48名

で、研究会の約1割に相当する会員に協力して頂きました。世代的には、1965年～1985年に学校生活を送った方が中心で、ご自身が小中高生であった頃の体験を伺いました。

回答者の57%の方がなんらかの形で学校望遠鏡を使ったことがあり、授業や行事などでの体験が約37%、クラブ活動などでの利用が約40%ありました(図1)。機材が10cm以下の屈折望遠鏡であることを反映して、観望した印象に残った天体は土星を中心とした惑星が多くなりました。そして、アンケートに答えて下さった方全員が、「楽しかった」「まあまあ楽しかった」という感想を持っていました。現在、天文学の仕事をしている方たちは、ほとんど学校天文台でよい体験をしていることが分かります。

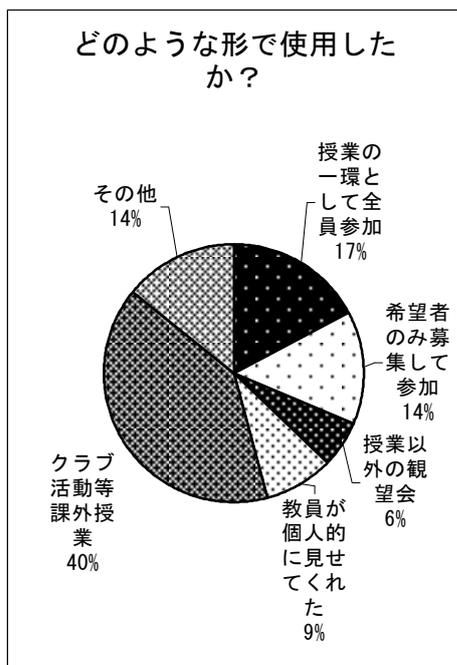
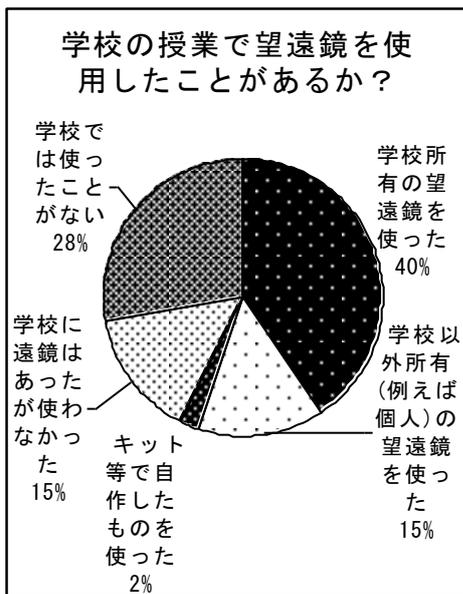


図1 学校天文台に関するアンケート結果

4. 成蹊高校天文気象部の活動

前述のアンケートの結果でも、普通の学校生活ではできない経験をする場として、クラブ活動は貴重であることがわかります。1995年前後、私が顧問をしている成蹊高校天文気象部は、山梨県の串田嘉男氏の八ヶ岳南麓天文台で合宿をしていました。それまでは、据付け型の機材をつかってもよい写真が撮れなかったのですが、串田氏は、観測用によく調整された機材を惜しげもなく貸して下さり、初心者でも素晴らしい写真がどんどん撮れるようになりました。不思議なことに、この経験をした後は、それまでは使いこなせなかった機材でも、以前よりよい天体写真を撮ることができるようになりました。成功した体験が、自信と、次のステップへの挑戦意欲を生んだものと思われまます。

しかし、筆者の勤務校は、肉眼では2等星がやっと見えるという都市部にあるため、通常の手動導入の機材では、学校での活動に限界がありました。そこで、1999年に、串田氏も使用していたエルデ光器のAPECSシステ

ムと冷却 CCD カメラを中核とした機材に更新しました。機材の概要と活動は、本誌で以前紹介しましたので、ご参照下さい[6]。これにより、生徒たちが生活の場としている学校で、定量的な測光や画像解析の観測ができるようになりました。天文台などに集合して行なうイベントに参加して観測する場合と違い、学校天文台であれば、普段のクラブ活動の場で天体観測を行なって、問題点を自分たちの望遠鏡を使って解決をしてゆくことができます。また、先輩から後輩に技術を引き継いでステップアップしていくことにより、息の長い活動を続けることも可能です。

さらに、本校の場合、学校での活動と合わせて、1999年に開台した県立ぐんま天文台の夜間占有利用制度を利用して、より高性能の機材とよい星空環境のもとでの観測も体験させて頂くこともできました。そして、ぐんま天文台での活動のつながりから生まれた高校天文部と研究者のネットワークである DISC プロジェクト[7][8]を通じて、他の学校との部員の交流や顧問間の情報交換を行ないました。スポーツ関係のクラブと比べると、少人数の高校天文部は学校の中ではマイノリティーですが、他校のクラブと交流することで、世の中を広く見る一緒に楽しんでいる仲間が多くいると思ってもらえる効果があったようです。プロジェクトで運用しているメーリング・リストでは、プロの研究者の方たちが新しいアイデアや観測方法のポイントをアドバイスして下さっています。

その結果、新星や超新星の光度変化、月面分光観測、およびトランジット法による系外惑星の観測など面白いテーマに次々と挑戦することができました[6]。こうした結果は、「観測した以上は報告する義務がある」ということで、地球惑星科学合同学会や天文学会ジュニアセッションなどで積極的に発表するようにはしてきました。

5. 高校生、ハワイに行く

2005年の天文学会ジュニアセッションが終わった後の4月、4人の部員が書類を持って、顧問をしていた筆者のところに相談にきました。ジュニアセッションの際にアナウンスがあったすばる望遠鏡での体験観測＝すばるマカリィ・スクールに申し込みをしたいというのです。「それまでやってきた系外惑星のトランジット観測を世界最高の望遠鏡でやってみたい、是非、ハワイ観測所に行なってみたい」、という話でした。高校生を海外に連れて行き、しかも標高4000mを超える山頂での観測ですから、引率も大変だろうということもあって、顧問としては、「たくさん応募があるだろうから、ダメで元々くらいのつもりで挑戦してみたら」、ということで、文言を少し直したくらいでエントリーをしたのです。部員たちは、発表用のスライドも自分たちで作成し、本番のプレゼンテーションも立派にこなしました。筆者も正直ここまでやるとは予想していなかったというのが本音です。派遣が決まって、いろいろとお話を伺うと国立天文台やハワイ観測所側としても、高校生にすばる望遠鏡で体験観測をさせることには、高山病の危険など大きなリスクを負って引き受けられたことが分かりました。

彼らが選んだ観測テーマは、系外惑星を持つ天体 TrES-1 のトランジット法による精密連続測光でした。トランジット法は、中心星の前を系外惑星が横切る際に食を起こし、わずかに減光することをとらえる観測方法です。最初にトランジット法による系外惑星が発見された天体は HD209568 でしたが、これはハッブル宇宙望遠鏡(HST)による精密測光データが既に公表されていました。TrES-1 は、HST による観測は行なわれていたましたが、その測光データは未だ公表されていない段階でした。すばる望遠鏡の集光力を活かし、高精度の測光データを得るために、フォーカスを

わざと外して星像を大きくし、飽和させない範囲で積分時間を長く（といっても 0.5 秒）とり、出来るだけ光量を多く得て S/N 比を良くするという撮像方法をお願いしました。いかに分解能を上げるか、ということを追求しているすばる望遠鏡としては常識を外れた方法であったと思われます。オペレーターの方にも「折角、星像が絞れるのに、デフォーカスするのですか？」と目を丸くされました。観測は成功し、トランジット開始時のものだけでしたが、TrES-1 の精密測光データが得られました。この天体に関して公表されたものは、彼らの観測が世界初と考えられます[9]。

最近、トランジット法による系外惑星観測の分野では、Transit Timing Variation (TTV) という現象が注目されています。TTV は、系外惑星の引力によって中心星がふらつくことにより、トランジットの間隔が変化する現象で、トランジットを起している系外惑星以外に別の惑星が存在するかどうかをチェックすることができます[10]。最近、この検出に成功したという報告が出ています[11]。このような観測のためには、比較星をとるためにある程度、視野をとった上で、CCD からの読み出し時間などをできるだけ短くして、集光力が大きく、時間分解能を上げた精密測光を行なう観測装置が必要です。成蹊高校の観測は、大口径望遠鏡での系外惑星の精密測光観測の先鞭をつけるものとなりました。

サポートして下さったハワイ観測所の布施哲治さんをはじめとしたスタッフの方たちが細心の注意を払っていただいたこともあって、実際の観測に際しては、高校生たちに全く障害はありませんでした。望遠鏡の観測フォーマットの記入からオペレーターの方との打ち合わせ、観測データの提供まで、手順は研究者が観測を行なう場合と全く同じ様に進めて頂きました。これは、普段、学校天文台で観測会を行なう際に、観測計画を立て、フ

ラットフィールド画像を撮り、視野同定をして撮像条件を決め、得られた画像を処理して測光データを得る、という手順とほぼ同じでした。小口径望遠鏡でも、すばる望遠鏡のような最先端の大口径望遠鏡でも、観測の基本は同じであることが実感できました。このことは、学校天文台できちんとトレーニングすれば、高校生でも中口径から大口径望遠鏡での観測は十分行なえることを示しています。

すばる望遠鏡での観測体験に参加した高校生は、理系オリンピックに参加するような特別な生徒たちではありませんでした。しかも、4 名の参加者のうち、理系に進学したのは 1 名で、残りの 3 名は文系の専攻を選びました。しかし、この体験を通して、自分たちで計画を考えてそれに向かって行動し、高校生で初めてすばる望遠鏡での観測をさせて頂いたことは、彼らの未来にとって大きな力となるものと思います。



写真 4 マカリイスクール参加者によるすばる望遠鏡前での集合写真と、FOCAS での観測の様子。小山裕依子さん撮影。

6. 学校天文台から大望遠鏡へ

すばる望遠鏡での観測体験に参加した部員

たちが、ハワイからの帰路で心配していたことは、高校生がこの体験ができるのは、自分たちが最初で最後になってしまうのではないか、ということでした。

彼らの経験から、

- ① 学校天文台の機材を充実させて、日常的に天体観測を行なう。
- ② 公共天文台などを利用して頂いて、より高性能な機材での観測体験を行なう。
- ③ ①と②で経験を重ねた上であれば、高校生でもすばる望遠鏡のような大口径望遠鏡での観測が可能である。

ということが実践で証明できました。本物の科学観測の体験は、高校生の成長にとって大きな力となることも言うまでもないことです。スーパーサイエンスハイスクールなどの制度を利用して、充実した天文台機材を持つ学校も増えてきています。また、日本は世界的にみても、公共天文台が充実している国の1つです。21世紀に入り、生徒たちが本物の観測を体験できる環境が整いつつあるのです。

DISC プロジェクトでは、生徒たちに、本物の観測体験をする方法を模索しています。2009年は、ガリレオが天体望遠鏡で観測をしてから400年にあたり、国際天文年の活動が予定されています。これを期に、生徒たちが素晴らしい体験ができる、すばるマカリィ・スクールのような企画が、再度計画されることを願ってやみません。

謝辞

本稿をまとめるにあたって、天文教育普及研究会会員の方たちにはアンケートにご協力頂きました。アンケート内容については、平塚市博物館の馬弘道氏にアドバイスを頂きました。

すばるマカリィ・スクールの関係者の方たちには、事前準備から観測後まで、いろいろとお世話を頂きました。

DISC プロジェクト参加校の方たちは、日ごろから議論を頂き、また、本稿で使用した写真の一部を提供して頂きました。

以上の方々に深く感謝いたします。

引用文献

- [1] 日本アマチュア天文学史編纂会編, (1995), 改訂版日本アマチュア天文学史, 恒星社厚生閣, 400p.
- [2] 岡山 登, (1951), 天体望遠鏡を備えようとしている人のために, 天文と気象, 18, 34-35.
- [3] 磯部琇三, 佐々木五郎, 瀬尾秀彰, 篠原信雄, (1986), 高等学校とプラネタリウム館における天文教具に関するアンケート調査, 天文月報, 79, 324 - 328.
- [4] 五藤光学研究所, (1996), 星空夢, 344p.
- [5] 観望会用望遠鏡開発 WG, (1998), 特集・観望会用天体望遠鏡の開発, 天文教育, 10(3), 19 - 30.
- [6] 宮下 敦, (2005), 天文教材ちょっと一工夫 【6】 学校天文台復活計画, 17(5), 8 - 13.
- [7] DISC プロジェクト参加校, (2007), 高校生が挑む太陽系の不思議 1 - DISC 計画の今, 惑星地質ニュース, 19(4), 41-43.
- [8] DISC プロジェクト参加校, (2008), 高校生が挑む太陽系の不思議 2 - DISC 計画の未来, 惑星地質ニュース, 20(1), 8-10.
- [9] 海部宣男, (2007), すばる望遠鏡の宇宙ハワイからの挑戦, 岩波書店, 196p.
- [10] 成田憲保, (2008), 私信
- [11] R.F. D'iaz, P. Rojo, M. Melita, S. Hoyer, D. Minniti, P. J.D. Mauas, M. T. Ru'iz, (2008), Detection of period variations in extrasolar transiting planet OGLE-TR-111-B.1, arXiv:0806.1229v3.

宮下 敦